Titel:

Methode zur Verbesserung der Schnittflächenqualität beim Scherschneiden von Sandwichblechen

Method for improving the surface quality of cutting sandwich panels

Autor: Dr. Matthias Nestler

Institution: Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik; Chemnitz

Datum: 2016-11-24

Abstract:

Das vorliegende Verfahren basiert auf dem Scherschneiden unter Ausnutzung werkstofftechnischer Effekte bei Tieftemperatur. Aus der Literatur ist bekannt, dass sich tiefe Temperaturen (T < - 150 °C) deutlich z.B. auf die Festigkeit, Kerbschlagzähigkeit oder Bruchdehnung verschiedener Werkstoffe auswirken. Im Verfahren wird das zu schneidende Sandwichmaterial durch flüssigen Stickstoff kryogen gekühlt und bei Temperaturen unter - 150 °C durch Scherschneiden getrennten. Die deutlich höhere Festigkeit der polymeren Kernschicht reduziert das Eindringen des oberen Deckblechs in die Kernschicht signifikant und führt somit zu einer deutlichen Reduzierung des Einzugs und zu einer Verbesserung der Schnittflächenqualität. Verschiedene Kühlmethoden und Anwendungen der Schneidstempel werden betrachtet.

The present method is based on cutting by utilizing low-temperature material effects. It is known from the literature that low temperatures (T < -150 ° C) have significant effects to the strength, impact strength or elongation of different materials. In the process, the sandwich material to be cut is cryogenically cooled by liquid nitrogen and separated by cutting at temperatures below -150 ° C. The significantly higher strength of the polymer core layer drastically reduces the penetration of the upper shroud into the core layer and thus leads to a significant reduction of the roll-over height and an improvement in the quality of the intersection. Various cooling methods and applications of the cutting punches are considered.

Keywords:

Scherschneiden, kryogenes Kühlen, fluessiger Stickstoff, Werkstoffeigenschaft, Eindringtiefe, Schnittflaeche, Qualitaet, Schneidstempel, Sandwichmaterial

shear cutting, cryogenic cooling, liquid nitrogen, material property, penetration depth, cutting surface, quality, cutting punch, sandwich material

1. Beschreibung eines neuen Verfahrens und einer Verfahrensverbesserung

Das Scherschneiden von Blechbauteilen bei Raumtemperatur ist Stand der Technik. Dabei stellt sich eine charakteristische Schnittflächenausbildung ein, die durch die VDI-Richtlinie 2906 definiert ist. Zur Schnittfläche gehören dabei die in Abb. 1 abgebildeten Parameter.

Kanteneinzugshöhe	h_E
Kanteneinzugsbreite	b_E
Glattschnitthöhe	h_S
Bruchflächenhöhe	h_B
Schnittgrathöhe	h_G
Schnittgratbreite	b_G
Bruchflächenwinkel	β

Abb. 1: Schnittfläche beim Scherschneiden [1]

Werden Sandwichbleche (Polymerkern zwischen zwei metallischen Deckblechen) geschnitten, stellt sich eine Schnittfläche ein, wie sie in Abb. 2 dargestellt ist.

b_E	Kanteneinzugsbreite	h_E	Kanteneinzugshöhe
b_{EO}	Kanteneinzugsbreite ob. Deckblech	h_{EO}	Kanteneinzugshöhe ob. Deckblech
b_{EU}	Kanteneinzugsbreite unt. Deckblech	h_{EU}	Kanteneinzugshöhe unt. Deckblech
b_{BE}	Beulenbreite	h_S	Höhe Schnittanteil
b_G	Gratbreite	h_B	Höhe Bruchanteil
b_D	Delaminationsbreite	h_G	Grathöhe
		h_M	Höhe blanke metallische Schnittfläche
β	Bruchflächenwinkel	s_B	Verbunddicke
s	Blechdicke	s_K	Kerndicke

Abb. 2: Schnittfläche beim Scherschneiden eines Sandwichblechs [2]

Neben Unterschieden bezüglich der Geometrie können im Gegensatz zu monolithischen Blechen weitere Effekte wie Delamination oder ein Ausreißen der Kunststoffschicht auftreten [2]. Weiterhin ergibt sich im oberen Deckblech in der Regel ein deutlicher Einzug, da die Abstützung des oberen Deckblechs nicht direkt durch eine feststehende Matrize, sondern durch die weiche Polymerschicht erfolgt. Die Festigkeit

des Polymers hat somit einen großen Einfluss. Darüber hinaus kann es zu einem Ausbeulen des oberen Deckblechs kommen, insbesondere wenn ohne Niederhalter geschnitten wird. Eine weitere Besonderheit des Verfahrens ist, dass das untere Deckblech nicht direkt durch den Schneidstempel, sondern durch den Butzen des oberen Deckblechs geschnitten wird, welcher durch den Stempel beschleunigt wird. Ergebnis ist eine oftmals unzureichende Schnittflächenqualität. Abb. 3 zeigt ein geschnittenes Sandwichblech mit einer Polymerkernschicht. Sowohl der starke Einzug als auch das Ausfransen des Polymers sind deutlich sichtbar.

Abb. 3: Schnittfläche beim Scherschneiden eines Sandwichblechs mit einer Polymerkernschicht

2. Bisherige Lösungen des Problems

Der Beschnitt von Sandwichblechen stellt noch immer eine besondere Herausforderung dar. Im Stand der Forschung und Technik werden verschiedene Lösungsansätze vorgeschlagen. Generell werden kleine Schneidspalte sowie scharfe Schneidkanten empfohlen [2, 3].

Es wurden bereits Voruntersuchungen zum Schneiden von Sandwichblech bei einer Temperatur von -10 °C durchgeführt. Dabei konnte eine Reduktion der Kanteneinzugshöhe von 27 % erreicht werden [2]. In anderen Studien wird das Konterschneiden empfohlen, da es ermöglicht, beide Decklagen mit dem scharfen Schneidstempel zu schneiden [3].

3. Beschreibung des neuen Lösungswegs

Das vorliegende Verfahren basiert auf dem Scherschneiden, jedoch unter Ausnutzung werkstofftechnischer Effekte bei Tieftemperatur. Aus der Literatur ist bekannt, dass sich tiefe Temperaturen ($T < -150$ °C) deutlich auf die

- Festigkeit,
- Kerbschlagzähigkeit und
- Bruchdehnung

verschiedener Werkstoffe auswirken. Im Allgemeinen nehmen die Kerbschlagzähigkeit sowie die Bruchdehnung bei fallender Temperatur ab [4]. Für die meisten typischen Konstruktionswerkstoffe nehmen die Streckgrenze und die Zugfestigkeit bei fallender Temperatur zu. Die Größenordnung der Zunahme variiert zwischen zirka 10 % in einigen metallischen Legierungen bis zu über 100 % in Polymeren [5]. Dieser Effekt der signifikanten Zunahme der Festigkeit von Polymeren bei niedrigen Temperaturen ist auch in anderen Quellen belegt [6, 7] und soll innerhalb des Verfahrens gezielt genutzt werden.

Ziel des Verfahrens ist, das zu schneidende Sandwichmaterial durch flüssigen Stickstoff kryogen zu kühlen und bei Temperaturen unter - 150 °C durch Scherschneiden zu trennen. Die deutlich höhere Festigkeit der polymeren Kernschicht reduziert das Eindringen des oberen Deckblechs in die Kernschicht signifikant und führt somit zu einer deutlichen Reduzierung des Einzugs und zu einer Verbesserung der Schnittflächenqualität.

Verfahrenstechnisch wird zum einen die direkte Kühlung einer Platine eines Sandwichblechs in einem Bad aus flüssigem Stickstoff verfolgt. Durch das direkte Umspülen der Platine mit flüssigem Stickstoff wird die Platine auf die Temperatur des flüssigen Stickstoffs abgekühlt. Sobald die Platine abgekühlt ist, erfolgt der Beschnitt durch den Schneidstempel, welcher Raumtemperatur hat. Die Gefahr eines Sprödbruchs am Schneidstempel ist gegenüber einem gekühlten Schneidstempel somit drastisch reduziert. Die Matrize steht in direktem Kontakt mit dem flüssigen Stickstoff und kühlt dadurch ab. Abb. 3 zeigt diese Verfahrensvariante schematisch.

Schneidstempel
Niederhalter
Stickstoffbad
Sandwichblech
Matrize
Schneidplatte

Abb. 4: Verfahrensvariante mit gekühltem Stickstoffbad

Eine weitere Verfahrensvariante nutzt zwei ebene Platten, die durch flüssigen Stickstoff gekühlt werden. Die Platine wird zwischen diesen Platten nahezu auf die Temperatur des flüssigen Stickstoffs abgekühlt. Anschließend erfolgt der Transfer zum Schneidprozess (Folgeverbundwerkzeug), wo der Beschnitt umgehend ausgeführt wird (vgl. Abb. 4).

Abb. 5: Verfahrensvariante mit vorgelagerter Kühlungsstation

Eine weitere Verfahrensvariante nutzt eine gekühlte Stempelführungsplatte sowie eine Kühlung der Matrize und des Sandwichblechs durch direkt anliegende Kühlelemente (Abb. 5). Darüber hinaus ist auch die Einbringung einer Kühlung in Schneidstempel, Matrize und Niederhalter vorstellbar, wobei die mechanischen Eigenschaften der Aktivelemente negativ beeinflusst werden.

Abb. 6: Verfahrensvariante mit gekühlten Werkzeugaktivelementen

Ein ähnliches Verfahren, wie es in Abb. 3 dargestellt ist, wurde bereits in Offenlegungsschrift DE 2521696 A1 [8] beschrieben. Hierbei wird ein Metall (vorzugsweise mit krz-Gitter) in einem Bad aus flüssigem Stickstoff auf 77 K gekühlt. Danach erfolgt der Transfer zur Beschneideinheit, die optional gekühlt werden kann. Der Beschnitt erfolgt bei kryogener Temperatur. Ziel ist die Vermeidung einer plastischen Verformung an der abgescherten Metallkante.

Der wichtigste Vorteil ist die Verbesserung der Schnittflächenqualität, insbesondere die Reduzierung des Einzugs.

Der prinzipielle Ansatz einer kryogenen Kühlung während des Scherschneidens ist schwer zu umgehen.

Eine Verfahrensanwendung kann zum einen am gefertigten Bauteil anhand der Schnittflächenqualität nachgewiesen werden. Liegt ein geringer Einzug vor und weißt der Kunststoff eine glatte Schnittfläche auf, muss aufgrund der Eigenschaften des Polymers ein Beschnitt bei Tieftemperatur durchgeführt worden sein.

Zum anderen unterscheiden sich der Werkzeugaufbau und die verwendete Anlagentechnik erheblich vom Stand der Technik, da eine zusätzliche Kühltechnik installiert sein muss. Eine Identifikation der Nutzung eines kryogenen Beschnittes ist somit auch anhand der Werkzeug- und Anlagentechnik möglich.

Das Anwendungsgebiet ist die blech- und rohrverarbeitende Industrie.

4. Quellenverzeichnis

[1] N.N.: Schnittflächenqualität beim Schneiden, Beschneiden und Lochen von Werkstücken aus Metall. VDI-Richtlinie 2906, VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, 1994

[2] Groche, P.; Stein, P.; Übelacker, D.; Neumeyer, F.; Steinbach, F.: Trockenscherschneiden von Verbundblechen - Einflussgrößen auf die Schnittflächengeometrie. wt-online 10-2015, S. 733-737

[3] Liewald, M.; Bolay, C., Thullner, S.: Shear cutting and counter shear cutting of sandwich materials. Journal of Manufacturing Processes 15 (2013), S. 364-373

[4] Hille, E.: Kerbschlagbiegeversuch. Fachhochschule Lausitz : Fachbereich Informatik/ Elektrotechnik/Maschinenbau, Labor für Werkstoffprüfung / Metallographie, 2008

[5] Van Sciver, S.W.: Helium Cryogenics – Low Temperature Materials Properties. International Cryogenics Monograph Series, Springer Science+Business Media, New York, 2011, S. 43

[6] Schürmann, H.: Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden. Springer, Heidelberg, 2007, S. 108-109

[7] Elsner, P.; Eyerer P.; Hirth, T.: Kunststoffe, Eigenschaften und Anwendungen. Springer, Heidelberg, 2012, S. 42-50

[8] Lightstone, J. B.; Mazzarella, R. B.: Verfahren zum Abscheren von Metall. DE2521696A1, 1975, Offenlegungsschrift